

Abstract

The first part of the thesis presents the investigation of fusion-evaporation reactions in order to verify one-proton emission from the isomeric 10^+ state in the proton rich nucleus ^{54}Ni . Between the years 2006 and 2009 a series of experimental studies were performed at the Tandem accelerator in the Institut für Kernphysik (IKP), University of Cologne. These experiments used fusion-evaporation reactions to populate ^{54}Ni via the two-neutron-evaporation channel of the compound nucleus ^{56}Ni . The cross section for the population of the ground state of ^{54}Ni was predicted to be in orders of microbarn. This required special care with respect to the sensitivity of the experimental setup, which consisted of a double-sided silicon-strip detector (DSSSD), a neutron-detector array and HPGe detectors. In two experiments the excitation functions of the reactions ($^{32}\text{S}+^{24}\text{Mg}$) and ($^{28}\text{Si}+^{28}\text{Si}$) were determined to find the optimal experimental conditions for the population of ^{54}Ni . A final experiment employed a ^{28}Si beam at an energy of 70 MeV, impinging on a ^{28}Si target. With a complex analysis it is possible to obtain a background-free energy spectrum of the DSSSD. An upper cross section limit for the population of the 10^+ state in ^{54}Ni is established at $\sigma(^{54}\text{Ni}(10^+)) \leq (13.9 \pm 7.8) \text{ nbarn}$.

In the second part of the thesis the population of actinide nuclei by multi-nucleon transfer reactions is investigated. Two experiments, performed in 2007 and 2008 at the CLARA-PRISMA setup at the Laboratori Nazionali di Legnaro, are analyzed with respect to the target-like reaction products. In both experiments ^{238}U was used as target. A ^{70}Zn beam with 460 MeV and a ^{136}Xe beam with 926 MeV, respectively, impinged on the target, inducing transfer reactions. Kinematic correlations between the reaction partners are used to obtain information on the unobserved target-like reaction products by the analysis of the beam-like particles identified with the PRISMA spectrometer. γ spectra from neutron-rich actinide nuclei are obtained with the CLARA array. An extension of the ground-state rotational band in ^{240}U up to the 18^+ state is achieved. The level and transition energies as well as the moments of inertia are compared with theoretical predictions. Based on cross section distributions for various reaction channels the perspectives and limitations for in-beam γ spectroscopy with this experimental method in the actinide region are discussed.

Zusammenfassung

Im Mittelpunkt des ersten Teils dieser Arbeit steht die Untersuchung der Protonenemission aus dem isomeren 10^+ -Zustand des protonenreichen Kerns ^{54}Ni . In den Jahren 2006 bis 2009 wurde am Tandembeschleuniger des Instituts für Kernphysik der Universität zu Köln eine Serie von Experimenten durchgeführt, die dem Nachweis dieses seltenen Zerfalls dienen sollten. Ziel war es, mittels Fusions-Verdampfungsreaktionen, ^{54}Ni über den Zwei-Neutronen-Evaporationskanal des Compound-Kerns ^{56}Ni zu populieren. Der berechnete Wirkungsquerschnitt für die Population des Grundzustands von ^{54}Ni liegt im Microbarn-Bereich. Dies stellte besondere Anforderungen an die Sensitivität des experimentellen Aufbaus, zu dessen Bestandteilen ein segmentierter Siliziumzähler (DSSSD), ein Array von Neutronendetektoren und mehrere HPGe-Detektoren zählen. Um die optimalen Reaktionspartner und eine geeignete Strahlenergie zu bestimmen, wurden zwei Experimente zur Messung der Anregungsfunktion für die Reaktionen ($^{32}\text{S}+^{24}\text{Mg}$) und ($^{28}\text{Si}+^{28}\text{Si}$) durchgeführt. Das finale Experiment verwendete eine Fusions-Verdampfungsreaktion mit einem ^{28}Si -Target und einem ^{28}Si -Strahl bei einer Strahlenergie von 70 MeV. Durch eine aufwendige Analyse ist es möglich, ein untergrundfreies Energiespektrum des DSSSDs zu erhalten. Eine obere Grenze des Wirkungsquerschnittes für die Population des 10^+ -Zustands von ^{54}Ni wird mit $\sigma(^{54}\text{Ni}(10^+)) \leq (13.9 \pm 7.8) \text{ nbarn}$ angegeben.

Im zweiten Teil der Arbeit wird die Population neutronenreicher Aktinidenkerne mittels Multi-Nukleon-Transfer Reaktionen untersucht. Dazu wurden zwei Experimente, die in den Jahren 2007 und 2008 am CLARA-PRISMA-Aufbau am Laboratori Nazionali di Legnaro stattfanden, im Hinblick auf die targetähnlichen Reaktionspartner analysiert. Das Targetmaterial ^{238}U wurde im ersten Experiment von einem ^{70}Zn -Strahl bei einer Strahlenergie von 460 MeV und im zweiten Experiment mit einem ^{136}Xe -Strahl von 926 MeV beschossen. Mit Hilfe der Teilchenidentifikation der strahlähnlichen Reaktionspartner in PRISMA ist es möglich, Rückschlüsse auf die targetähnlichen Reaktionsprodukte zu ziehen. Auf diese Weise werden die CLARA- γ -Spektren der neutronenreichen Aktinidenkernen selektiert und analysiert. Insbesondere die Untersuchung von neutronenreichen Uranisotopen ist aufschlussreich. Die Grundzustandsbande von ^{240}U kann um drei bislang unbekannte Übergänge bis zum 18^+ -Zustand erweitert werden. Niveauenergien, Übergangsenergien und Trägheitsmomente werden mit theoretischen Vorhersagen verglichen. Anhand der vorliegenden Wirkungsquerschnitte werden die Möglichkeiten und Grenzen der neuartigen, experimentellen Methode für die Aktinidenkerne diskutiert.